



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 36 785 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 02 K 9/10

②1 Aktenzeichen: 197 36 785.2  
②2 Anmeldetag: 23. 8. 97  
④3 Offenlegungstag: 25. 2. 99

DE 197 36 785 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH

⑦4 Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

⑦2 Erfinder:  
Hess, Stephan, 79713 Bad Säckingen, DE; Joho,  
Reinhard, Küttigen, CH; Wolfersdorf, Jens von, Dr.,  
Untersiggenthal, CH; Zimmermann, Hans,  
Mönchaldorf, CH

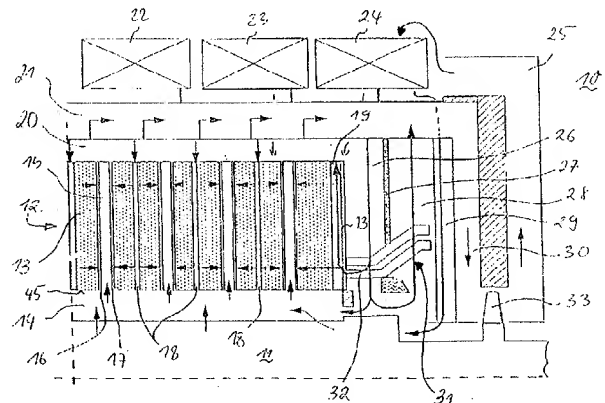
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

|       |               |
|-------|---------------|
| DE-PS | 10 58 619     |
| DE-PS | 9 35 442      |
| DE-PS | 8 69 241      |
| DE    | 196 06 146 A1 |
| DE    | 42 42 132 A1  |
| DE    | 40 32 944 A1  |
| DE    | 33 23 595 A1  |
| DE-GM | 18 97 474     |
| CH    | 3 73 810      |
| FR    | 10 99 213     |
| GB    | 7 30 515      |
| GB    | 3 89 313      |
| US    | 10 22 021     |
| EP    | 07 39 076 A1  |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Turbogenerator

⑤7 Bei einem Turbogenerator (10) mit einem Rotor (11) und einem den Rotor (11) konzentrisch umgebenden und von dem Rotor (11) durch einen Luftspalt (14) getrennten Stator (12), sowie mit einer Kühleinrichtung, bei welcher ein Hauptventilator (33) ein durch entsprechende Kühlkanäle im Rotor (11) und im Stator (12) strömendes, gasförmiges Kühlmedium ansaugt und durch einen Kühler (22, 23, 24) zurück in die Kühlkanäle drückt, wobei das Kühlmedium den Rotor (11) in axialer Richtung durchströmt, erwärmt in den Luftspalt (14) austritt und vom Luftspalt (14) zurück zum Hauptventilator (33) geführt wird, wird eine verbesserte Rotorkühlung dadurch erreicht, daß das vom Rotor (11) erwärmte Kühlmedium aus dem Luftspalt (14) durch Ausströmkkanäle (15) im Stator (12) radial nach außen geführt und außerhalb des Stators (12) über eine Kuhluftrückführung (21) zum Hauptventilator (33) zurückgeführt wird.



DE 197 36 785 A 1

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet dynamoelektrischer Maschinen. Sie betrifft einen Turbogenerator mit einem Rotor und einem den Rotor konzentrisch umgebenden und von dem Rotor durch einen Luftspalt getrennten Stator, sowie mit einer Kühleinrichtung, bei welcher ein Hauptventilator ein durch entsprechende Kühlkanäle im Rotor und im Stator strömendes, gasförmiges Kühlmedium ansaugt und durch einen Kühler zurück in die Kühlkanäle drückt, wobei das Kühlmedium den Rotor in axialer Richtung durchströmt, erwärmt in den Luftspalt austritt und vom Luftspalt zurück zum Hauptventilator geführt wird.

Ein solcher Turbogenerator ist z. B. aus der Druckschrift US-A 4,379,975 bekannt.

## Stand der Technik

Große Turbogeneratoren müssen zur Gewährleistung eines störungsfreien Betriebs und zur Ausnutzung des vollen Leistungspotentials gekühlt werden, um die in den Wicklungen und Lisen des Rotors und Stators entstehende Verlustwärme abzuführen. Meist wird zur Kühlung ein gasförmiges Kühlmedium wie Luft oder auch Wasserstoff verwendet, welches durch entsprechende Bohrungen bzw. Schlitz in Rotor und Stator geschickt und anschließend in einem Kühler wieder abgekühlt wird. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei den Wickelköpfen der Statorwicklung, an denen wegen der Leitergeometrie und der damit verbundenen Streufelder besonders viel Verlustwärme anfällt. Wird das durch den Rotor und Stator strömende Kühlmedium dabei von auf den Enden des Rotors sitzenden Hauptventilatoren aus dem Kühlbereich herausgesaugt und über einen nachgeschalteten Kühler wieder in den Kühlbereich gedrückt, spricht man von einer Saugkühlung ("reverse flow cooling").

Im Rotor fließt das Kühlmedium von den Enden her axial in entsprechenden Bohrungen des Rotorleiters nach innen, tritt nach Aufnahme der Rotor-Verlustwärme radial in den Luftspalt zwischen Rotor und Stator aus und strömt im Luftspalt axial wieder nach außen zu den Hauptventilatoren. Das aus dem Rotor austretende Kühlmedium hat dabei, insbesondere auch in den Endbereichen des Rotors, eine deutlich höhere Temperatur als der Stator.

Der Luftspalt zwischen Rotor und Stator ist vergleichsweise eng bemessen, so daß sich für die Rotorkühlung ein relativ hoher Strömungswiderstand ergibt, der die Zirkulation des Kühlmediums behindert und damit die Kühlwirkung begrenzt. Darüber hinaus gibt das im Rotor relativ stark erwärmte Kühlmedium beim Vorbeistreichen an der bzw. Auftreffen auf die Wand der Statorbohrung Wärme an den Stator ab, wodurch die Kühlung des Stators beeinträchtigt wird.

In der eingangs genannten Druckschrift wird vorgeschlagen, im Endbereich des Stators im Luftspalt ein kurzes, ringförmiges Luftspaltzylinderstück anzubringen, welches auf der Rückseite durch kühles Gas aus mehreren radialen Schlitz im Stator angeströmt wird und auf der Vorderseite den aus dem Endbereich des Rotors austretenden Strom relativ warmen Gases vom Auftreffen auf die innere Oberfläche der Statorbohrung abhält bzw. ablenkt. Durch die Beschränkung des Luftspaltzylinderstücks auf die Endbereiche des Stators wird zwar der nachteilige Einfluß des besonders stark erwärmten Kühlmediums aus dem Wickelkopfbereich des Rotors auf den Stator vermieden bzw. verringert, der übrige Bereich des Stators ist aber gleichwohl dem im Luftspalt strömenden, relativ warmen Kühlmedium ausgesetzt, so das

gerade im achsennahen Bereich des Stators, wo sich die Statorwicklungen befinden, die Kühlung eher beeinträchtigt wird. Insbesondere wird durch diese Maßnahme auch die Zirkulation des Kühlmediums durch den Rotor eher verschlechtert als verbessert.

## Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Turbogenerator zu schaffen, der sich durch eine verbesserte Kühlung des Rotors auszeichnet und zugleich auf einfache Weise eine thermische Entkopplung der Kühlung von Rotor und Stator ermöglicht.

Die Aufgabe wird bei einem Turbogenerator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das vom Rotor erwärmte Kühlmedium aus dem Luftspalt durch Ausströmkanäle im Stator radial nach außen geführt und außerhalb des Stators über eine Kühlluftückführung zum Hauptventilator zurückgeführt wird. Durch die erfindungsgemäße Rückführung des aus dem Rotor austretenden Kühlmediums vom Luftspalt über radiale Ausströmkanäle im Stator kann die Zirkulation des Kühlmediums durch den Rotor unabhängig vom Luftspalt optimiert werden.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform des Turbogenerators nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß innerhalb der Ausströmkanäle Trennmittel angeordnet sind, welche verhindern, daß das durch die Ausströmkanäle nach außen geführte erwärmte Kühlmedium mit dem Stator in Berührung kommt, und daß die Trennmittel quer zur Achse des Turbogenerators orientierte Trennblechpakete sind und normal zur Achse des Turbogenerators orientierte Distanzstege zwischen den Trennblechpaketen umfassen. Durch die Trennmittel wird verhindert, daß die Ströme des relativ warmen Kühlmediums aus dem Rotor bei ihrer Rückführung zum Hauptventilator Wärme an den Stator abgeben und so die Kühlung des Stators beeinträchtigen. Durch den Einsatz von Trennblechpaketen als Trennmittel vereinfacht sich der Aufbau erheblich, weil die Trennblechpakete genauso aufgebaut werden können, wie das Statorblech selbst und Bestandteil des magnetischen Kreises sind. Dadurch, daß die für die Bildung der Ausströmkanäle ohnehin notwendigen Distanzstege gleichzeitig als Trennmittel verwendet werden, ergibt sich eine weitere Vereinfachung.

Eine zweite bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Turbogenerators ist dadurch gekennzeichnet, daß im Stator zwischen den Ausströmkanälen radiale Einströmschlitz angeordnet sind, durch welche von außen Kühlmedium zum Kühlen des Stators nach innen einströmt, und daß im Statorjoch Bohrungen und im Statorzahn Kühlkanäle angeordnet sind, welche quer zu den Einströmschlitz und Ausströmkanälen verlaufend jeweils benachbarte Einströmschlitz und Ausströmkanäle miteinander verbinden. Hierdurch können die zur Rückführung des Kühlmediums aus dem Rotor vorhandenen Ausströmkanäle auf einfache Weise gleichzeitig dazu verwendet werden, auch das durch den Stator strömende Kühlmittel von innen nach außen zurückzuführen. Werden in den Ausströmkanälen keine Trennmittel vorgesehen, vereinigen sich dort die beiden Kühlmediumströme aus dem Rotor und Stator.

In einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform sind jedoch innerhalb der Ausströmkanäle Trennmittel angeordnet, welche verhindern, daß das durch die Ausströmkanäle nach außen geführte erwärmte Kühlmedium aus dem Rotor mit dem Stator in Berührung kommt, und welche quer zur Achse des Turbogenerators orientierte Trennblechpakete umfassen. Die Trennblechpakete sind von den Wänden des Stators beabstandet und bilden zwischen sich und den Wänden Kühltzitze. Die Bohrungen im Sta-

torjoch und die Kühlkanäle im Statorzahn münden an ihren den Ausströmkanälen zugewandten Enden jeweils in die Kühlschlitze. Hierdurch werden die Kühlmediumströme aus Rotor und Stator in den Ausströmkanälen getrennt voneinander rückgeführt, so daß bei geringem konstruktiven Aufwand die gegenseitige thermische Beeinflussung minimiert wird.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des Turbogenerators nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlschlitze und die Einströmschlitze an ihren achsen-nahen Enden mit den Statorvornuten in Verbindung stehen, daß die Statorvornuten durch Abschlußmittel gegen den Luftspalt glatt abgeschlossen sind und Kühlkanäle bilden, welche vom Kühlmedium durchströmt werden, daß die Einströmschlitze zum Luftspalt hin jeweils durch ein erstes Ein-satzstück glatt abgeschlossen sind, und daß die Kühlschlitze jeweils eines Ausströmkanals zum Luftspalt hin durch ein zweites Einsatzstück abgeschlossen sind, welches die Form eines offenen Rechteckprofils mit nach innen abgerundeten Kanten aufweist. Durch die Einbeziehung der Statorvornuten als Kühlkanäle wird die Kühlung des Stators im Bereich des Statorzahns weiter verbessert. Zugleich werden durch den glatten Abschluß zum Luftspalt hin die Oberflächenreibungsverluste des Rotors minimiert.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

#### Kurze Erläuterung der Figuren

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

**Fig. 1** in einem schematisierten Längsschnitt der einen Seite des Turbogenerators ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**Fig. 2** einen vergrößerten Ausschnitt aus **Fig. 1** zur besseren Darstellung der verschiedenen Kühlkanäle im Stator;

**Fig. 3** in einem ausschnittweisen Längsschnitt den Aufbau im Bereich des Statorzahnes eines bevorzugten beispielhaften Einströmschlitzes, wie er im erfindungsgemäßen Turbogenerator eingesetzt werden kann;

**Fig. 4** in einem zu **Fig. 3** entsprechenden Längsschnitt den Aufbau im Bereich des Statorzahnes eines bevorzugten beispielhaften Ausströmkanals, wie er im erfindungsgemäßen Turbogenerator eingesetzt werden kann;

**Fig. 5** den ausschnittweisen Querschnitt durch den Ausströmkanal gemäß **Fig. 4** mit zusätzlichen Öffnungen in den Trennblechpaketen zur Vergleichmäßigung der Strömung; und

**Fig. 6** im Querschnitt ein Variante zu **Fig. 5**, bei der durch eine entsprechende Bearbeitung der Trennblechpakete zusätzliche Schlitze zur Führung des Kühlmediums in der Nähe der Leiter gebildet werden.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

In **Fig. 1** ist in einem schematisierten Längsschnitt der einen Seite des Turbogenerators ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben. Der Turbogenerator **10** umfaßt einen um eine Achse drehbar gelagerten Rotor **11**, der konzentrisch von einem Stator **12** umgeben ist. Der Rotor, dessen innerer Aufbau und Wicklung nicht gezeigt ist, trägt am Ende einen Hauptventilator **33**, der ein gasförmiges, durch den Rotor **11** und Stator **12** zirkulierendes Kühlmedium (Luft oder  $H_2$ ) über einen Rückführkanal **30** ansaugt (Saugkühlung) und über einen Kühlerkanal **25** durch eine Reihe von Kühlern **22**, **23** und **24** drückt, in welchem dem Kühlmedium die im Rotor **11** und Stator **12** auf-

genommene Wärme wieder entzogen wird. Das abgekühlte Kühlmedium wird dann aufgeteilt und auf verschiedenen Wegen durch den Rotor **11** und Stator **12** geschickt, um die dort im beim Betrieb des Turbogenerators **10** in den Wicklungen und Läsen entstehende Verlustwärme aufzunehmen und abzuführen.

Ein erster Teilstrom des Kühlmediums wird über eine Kühlluftzuführung **29** zum Rotor **11** geführt und dort axial eingeletet, um den Rotorwickelkopf und die Rotorwicklung zu kühlen (siehe zu den Einzelheiten beispielsweise die eingangs genannte Druckschrift US-A 4.379.975). Das im Rotor **11** erwärmte Kühlmedium tritt radial in den Luftspalt **14** zwischen Rotor **11** und Stator **12** aus und wird von dort über eine Mehrzahl von über die Statorlänge verteilt angeordneten Ausströmkanälen **15** radial nach außen geführt, in einer außerhalb des Stators **12** liegenden Kühlluftückführung **21** gesammelt und über den Rückführkanal **30** zurück zum Hauptventilator **33** geleitet. Die Überführung des Kühlmediums aus den Ausströmkanälen **15** in die Kühlluftückführung **21** erfolgt über ein Kammerensystem, welches in **Fig. 1** nicht explizit dargestellt ist.

Ein zweiter Teilstrom des Kühlmediums strömt aus einem der Kühler **22-24** in den Raum des Stators **12**, in welchem der Statorwickelkopf **31** der Statorwicklung **32** frei überläßt, und welcher durch eine Trennwand **27** in einen Zuführbereich **26** und einen Abführbereich **28** unterteilt ist. Das Kühlmedium tritt den Zuführbereich **26** ein, umströmt den Statorwickelkopf **31** und teilt sich in drei Teilströme auf (siehe die eingezeichneten Strömungspfeile), von denen der erste seitlich in das Statorjoch **13** eintritt und durch einen randseitigen Kühlschlitze **19** im Statorjoch **13** radial nach außen geführt wird, der zweite in den Luftspalt **14** eintritt und mit dem aus dem Rotor **11** austretenden Kühlmediumstrom durch die Ausströmkanäle **15** nach außen gelangt, und der dritte in den Abführbereich **28** umgelenkt wird, ein zweites mal den Statorwickelkopf **31** umströmt und in die Kühlluftückführung **21** zurückgeführt wird.

Weitere Teilströme aus den Kühlern **22-24** werden durch ein nicht gezeigtes Kammerensystem einer Kühlluftzuführung **20** auf eine Mehrzahl von Einströmschlitzen **18** aufgeteilt, die im Stator **12** radial von außen nach innen führen und zwischen den Ausströmkanälen **15** angeordnet sind. In den Einströmschlitzen **18** strömt das Kühlmedium zum Luftspalt **14** hin, tritt jedoch nicht in den Luftspalt **14** ein, weil die Einströmschlitze **18** zum Luftspalt **14** hin abgeschlossen sind, sondern strömt in quer zu den Einströmschlitzen **18** im Stator **12** vorgesehenen Kühlkanälen (Pfeile in **Fig. 1**) zu den benachbarten Ausströmkanälen **15**, und von dort nach außen zurück in die Kühlluftückführung **21**. Die Führung der Kühlmediumströme aus dem Rotor **11** und dem Stator **12** in den Ausströmkanälen **15** erfolgt dabei getrennt. Zur Trennung werden bevorzugt Trennblechpakete **16**, **17** verwendet, deren Aufbau und Anordnung nachfolgend noch näher beschrieben werden.

Die Führung der Ströme des Kühlmediums im Stator **12** ist aus der Darstellung in **Fig. 2** ersichtlich, die einen vergrößerten Ausschnitt des Statorbereichs aus **Fig. 1** wiedergibt. Der Ausschnitt umfaßt einen Ausströmkanal **15** und zwei benachbarte Einströmschlitze **18**. Der Ausströmkanal **15** enthält zwei Trennblechpakete **16** und **17**, die jeweils von der Wand des Ausströmkanals **15** und untereinander beabstandet sind. Dadurch werden im Ausströmkanal **15** ein zentraler Kanal **15c** und zwei seitlich angrenzende, getrennte Kühlschlitze **15a** und **15b** gebildet. Der zentrale Kanal **15c** ist zum Luftspalt **14** hin offen. Durch ihn strömt das von Rotor **11** kommende, relativ stark erwärmte Kühlmedium nach außen, ohne mit den Wänden des Stators **12** in Berührung zu kommen.

Im Statorjoch 13 sind um die Generatorachse verteilt Bohrungen 34, 35 angeordnet. Im Statorzahn, d. h., in dem Bereich des Stators 12, der die Nuten und Vornuten zur Aufnahme der Statorwicklung 32 enthält, sind zwischen den Statornuten Kühlkanäle 36, 37 angeordnet, welche wie die Bohrungen 34, 35 quer zu den Einströmschlitzen 18 und Ausströmkänen 15 verlaufend jeweils benachbarte Einströmschlitze 18 und Ausströmkäne 15a, 15b miteinander verbinden. Die Bohrungen 34, 35 im Statorjoch 13 und die Kühlkanäle 36, 37 im Statorzahn münden an ihren den Ausströmkänen 15 zugewandten Enden jeweils in die Kühlschlitze 15a, b. Die Kühlschlitze 15a, b sind zum Luftspalt hin durch ein Einsatzstück 40 mit nach innen abgerundeten Kanten abgeschlossen. Die Einströmschlitze 18 sind zum Luftspalt 14 hin durch entsprechende Einsatzstücke 39 glatt abgeschlossen. Es ergibt sich so eine glatte Statorbohrung 45, welche die Oberflächenreibungsverluste des Rotors 11 im Luftspalt 14 minimiert. Das den Stator 12 kühlende Kühlmedium tritt in der Konfiguration gemäß Fig. 2 in die Einströmschlitze 18 ein, strömt durch die Bohrungen 34, 35 und Kühlkanäle 36, 37 zu den benachbarten Kühlschlitzen 15a, b und tritt dort wieder nach außen aus dem Stator 12 aus. Anordnung, Zahl und Strömungsquerschnitt der Bohrungen 34, 35 und Kühlkanäle werden dabei so gewählt, daß der Stator 12 in Bereichen unterschiedlich starker Erwärmung auch unterschiedlich stark gekühlt wird. Zusätzlich werden zur Kühlung die Statorvornuten 38 herangezogen, die sowohl mit den Einströmschlitzen 18 als auch mit den Kühlschlitzen 15a, b Verbindung stehen.

In einem Längsschnitt durch einen der Einströmschlitze (18 in Fig. 2) ist in Fig. 3 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für den Aufbau eines solchen Einströmschlitzes gezeigt. Zur Trennung der benachbarten Blechpakete des Statorjochs sind auf beiden Seiten der Statornuten 54, 55, in den die Statorwicklung 32, 32a untergebracht ist, jeweils Distanzstege 41 angeordnet, welche zwischen den Statornuten 54, 55 die Seitenwände des Einströmschlitzes 18 bilden. Vom Einströmschlitz 18 gehen seitlich die Kühlkanäle 36, 37 bzw. 36a, 37a ab, die zur Optimierung der Kühlwirkung einen länglichen Querschnitt haben. Die Statorvornuten 38, die an sich durch die Distanzstege 41 von dem Einströmschlitz 18 abgetrennt sind, werden durch entsprechende Öffnungen 46 in den trennenden Distanzstegen mit dem Einströmschlitz 18 verbunden. Die Nutverschlußkeile 42, mit denen die Wicklungen 32, 32a in den Statornuten 54, 55 fixiert werden, sind mit Abschrägungen 43 versehen, um eine ungehinderte Strömung des Kühlmediums aus dem Einströmschlitz 18 durch die Öffnungen 46 sowie aus den Statornuten 54, 55 in die Statorvornuten 38 zu ermöglichen. Die Statorvornuten 38 sind zum Luftspalt 14 hin durch Verdrängungskörper 44 verschlossen, die einerseits eine glatte Oberfläche der Statorbohrung 45 gewährleisten und andererseits durch Querschnittsverringering die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums in den Statorvornuten 38 und damit die Kühlwirkung erhöht.

Der zu Fig. 3 entsprechende Längsschnitt durch die Kühlschlitze (z. B. 15b in Fig. 2) ist in Fig. 4 wiedergegeben. Auch hier sind zwischen der Wand des Ausströmkanales 15 bzw. des Stator 12 und dem ersten Trennblechpaket auf beiden Seiten jeder Statornut 54, 55 Distanzstege 49 angeordnet, die zwischen den Statornuten 54, 55 die Seitenwände des Kühlschlitzes 15b bilden. In den Kühlschlitz 15b münden die Kühlkanäle 36, 37 und 36a, 37a. Auch hier sind, um eine Verbindung zwischen dem Kühlschlitz 15b und den Statorvornuten 38 zu schaffen, Öffnungen 50 in den trennenden Distanzstegen 49 vorgesehen. Deutlich zu sehen sind in Fig. 4 auch die nach innen abgerundeten Kanten des Einsatzstückes 40, die ein verlustarmes Einströmen des

Kühlmediums aus dem Luftspalt 14 in den Kühlschlitz 15b sicherstellen. Weiterhin ist deutlich zu erkennen, daß der Kühlschlitz 15b nach außen (oben) hin einen zunehmenden Querschnitt aufweist. Hierdurch wird eine Diffusorwirkung erreicht, die zu einer erwünschten Druckerhöhung führt.

Der Querschnitt durch einen Ausströmkanal 15 gemäß Fig. 4 ist in Fig. 5 und 6 dargestellt. Neben den Distanzstegen 49, welche die Seitenwände der Kühlschlitze 15a, b bilden, sind hier auch die Distanzstege 48 zu sehen, welche zwischen den Trennblechpaketen 16, 17 angeordnet sind und die Seitenwände des zentralen Kanals 15c bilden. In beiden Figuren ist (für einen benachbarten Ausströmkanal) beispielhaft auch das Einsatzstück 40 gezeigt. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 sind in den Trennblechpaketen 16, 17 zur Vergleichmäßigung der Strömung Öffnungen 51 vorgesehen, durch welche das Kühlmedium hindurchtreten kann. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 weisen die Trennblechpakete 16, 17 im Bereich der Leiter 53 der Statorwicklung 32 Nuten auf, durch welche die Leiter 53 geführt sind, deren Breite so gewählt ist, daß zwischen dem Leitern 53 und den Trennblechpaketen 16, 17 Schlitz 52 zur Zirkulation des Kühlmediums frei bleiben. Dadurch sind die Trennblechpakete - anders als die übrigen Blechpakete des Stators 12 - mechanisch, elektrisch und vor allem thermisch von den Leitern 53 der Statorwicklung 32 entkoppelt. Durch die entstehenden schmalen Schlitz 52 kann das Kühlmedium hindurchtreten und den Leiter 53 zusätzlich kühlen. Weiterhin werden die möglicherweise hohen elektrischen Verluste in den Trennblechpaketen 16, 17 nicht auf die Leiter 53 übertragen.

#### Bezugszeichenliste

- 10 Turbogenerator
- 11 Rotor
- 12 Stator
- 13 Statorjoch
- 14 Luftspalt
- 15 Ausströmkanal (Luftspalt)
- 15a, b Kühlschlitz
- 15c zentraler Kanal
- 16, 17 Trennblechpaket
- 18 Einströmschlitz
- 19 Kühlschlitz
- 20 Kühlluftzuführung (Stator)
- 21 Kühlluftückführung
- 22, 23, 24 Kühler
- 25 Kühlerkanal
- 26 Zuführbereich
- 27 Trennwand
- 28 Abführbereich
- 29 Kühlluftzuführung (Rotor)
- 30 Rückführkanal
- 31 Statorwickelkopf
- 32, 32a Statorwicklung
- 33 Hauptventilator
- 34, 35 Bohrung (Statorjoch)
- 36, 37 Kühlkanal (Statorzahn)
- 36a, 37a Kühlkanal (Statorzahn)
- 38 Statorvornut
- 39 Einsatzstück
- 40 Einsatzstück (offenes Rechteckprofil)
- 41, 48, 49 Distanzsteg
- 42 Nutverschlußkeil
- 43 Abschrägung
- 44 Verdrängungskörper (Statorvornut)
- 45 Statorbohrung
- 46 Öffnung (Distanzsteg 41)

- 47 Öffnung (Ausströmkanal 15)  
 50 Öffnung (Distanzstege 49)  
 51 Öffnung (Trennblechpaket)  
 52 Schlitz (Leiternut Trennblechpaket)  
 53 Leiter (Statorwicklung)  
 54, 55 Statornut

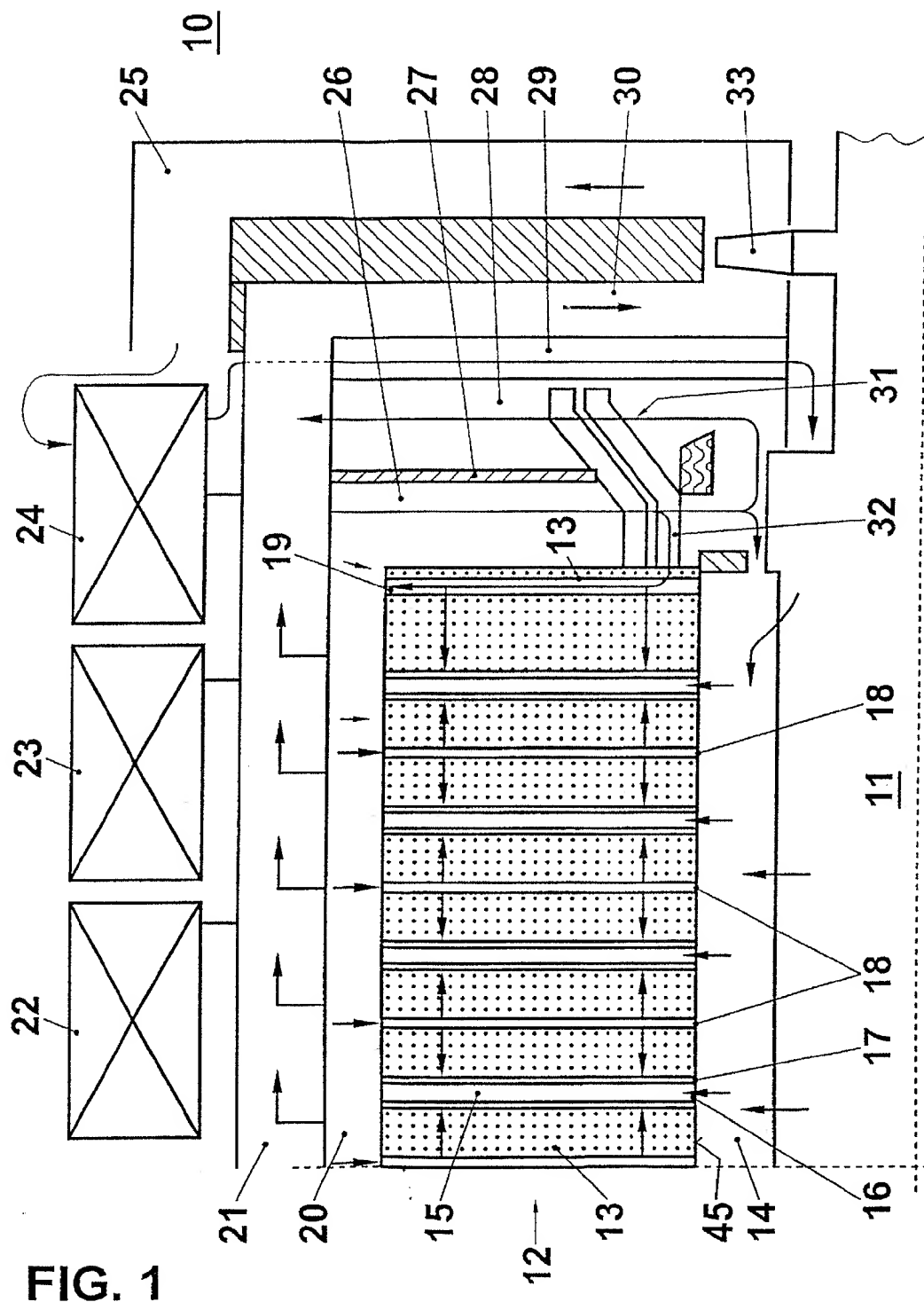
## Patentansprüche

1. Turbogenerator (10) mit einem Rotor (11) und einem den Rotor (11) konzentrisch umgebenden und von dem Rotor (11) durch einen Luftspalt (14) getrennten Stator (12), sowie mit einer Kühleinrichtung, bei welcher ein Hauptventilator (33) ein durch entsprechende Kühlkanäle im Rotor (11) und im Stator (12) strömendes, gasförmiges Kühlmedium ansaugt und durch einen Kühler (22, 23, 24) zurück in die Kühlkanäle drückt, wobei das Kühlmedium den Rotor (11) in axialer Richtung durchströmt, erwärmt in den Luftspalt (14) austritt und vom Luftspalt (14) zurück zum Hauptventilator (33) geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das vom Rotor (11) erwärmte Kühlmedium aus dem Luftspalt (14) durch Ausströmkanäle (15) im Stator (12) radial nach außen geführt und außerhalb des Stators (12) über eine Kühlluftückführung (21) zum Hauptventilator (33) zurückgeführt wird.
2. Turbogenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Ausströmkanäle (15) Trennmittel (16, 17) angeordnet sind, welche verhindern, daß das durch die Ausströmkanäle (15) nach außen geführte erwärmte Kühlmedium mit dem Stator (12) in Berührung kommt.
3. Turbogenerator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel quer zur Achse des Turbogenerators (10) orientierte Trennblechpakete (16, 17) und normal zur Achse des Turbogenerators (10) orientierte Distanzstege (48) zwischen den Trennblechpaketen (16, 17) umfassen.
4. Turbogenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausströmkanäle (15) mit einem sich nach außen hin vergrößernden Kanalquerschnitt ausgebildet sind.
5. Turbogenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Stator (12) zwischen den Ausströmkanälen (15) radiale Einströmschlitze (18) angeordnet sind, durch welche von außen Kühlmedium zum Kühlen des Stators (12) nach innen einströmt, und daß im Statorjoch (13) Bohrungen (34, 35) und im Statorzahn Kühlkanäle (36, 37) angeordnet sind, welche quer zu den Einströmschlitzen (18) und Ausströmkanälen (15) verlaufend jeweils benachbarte Einströmschlitze (18) und Ausströmkanäle (15) miteinander verbinden.
6. Turbogenerator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Ausströmkanäle (15) Trennmittel (16, 17; 48, 49) angeordnet sind, welche verhindern, daß das durch die Ausströmkanäle (15) nach außen geführte erwärmte Kühlmedium aus dem Rotor (11) mit dem Stator (12) in Berührung kommt, und welche quer zur Achse des Turbogenerators (10) orientierte Trennblechpakete (16, 17) umfassen, daß die Trennblechpakete (16, 17) von den Wänden des Stators (12) beabstandet sind und zwischen sich und den Wänden Kühlschlitze (15a, b) bilden, und daß die Bohrungen (34, 35) im Statorjoch (13) und die Kühlkanäle (36, 37) im Statorzahn an ihren den Ausströmkanälen (15) zugewandten Enden jeweils in die Kühlschlitze (15a, b) münden.

7. Turbogenerator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlschlitze (15a, b) und die Einströmschlitze (18) an ihren achsennahen Enden mit den Statorvornuten (38) in Verbindung stehen, daß die Statorvornuten (38) durch Abschlußmittel (44) gegen den Luftspalt (14) glatt abgeschlossen sind und Kühlkanäle bilden, welche vom Kühlmedium durchströmt werden, daß die Einströmschlitze (18) zum Luftspalt (14) hin jeweils durch ein erstes Einsatzstück (39) glatt abgeschlossen sind, und daß die Kühlschlitze (15a, b) jeweils eines Ausströmkanals (15) zum Luftspalt (14) hin durch ein zweites Einsatzstück (40) abgeschlossen sind, welches die Form eines offenen Rechteckprofils mit nach innen abgerundeten Kanten aufweist.
8. Turbogenerator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennblechpakete (16, 17) der Ausströmkanäle (15) durch erste Distanzstege (49) auf Abstand zu den Wänden des Stators (12) gehalten werden, welche Distanzstege (49) die Kühlschlitze (15a, b) zwischen benachbarten Statornuten seitlich begrenzen, daß in den Einströmschlitzen (18) zweite Distanzstege (41) angeordnet sind, welche die Einströmschlitze (18) zwischen benachbarten Statornuten seitlich begrenzen, und daß in den ersten und zweiten Distanzstegen (49 bzw. 41) Öffnungen (50 bzw. 46) vorgesehen sind, durch welche die Ausströmkanäle (15) und Einströmschlitze (18) mit den benachbarten Statorvornuten (38) in Verbindung stehen.
9. Turbogenerator nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschlußmittel Verdrängungskörper (44) umfassen, welche in die Statorvornuten (38) hineinragen und den Strömungsquerschnitt in den Statorvornuten (38) verringern.
10. Turbogenerator nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in den Trennblechpaketen (16, 17) zur Vergleichmäßigung der Strömung Öffnungen (51) vorgesehen sind.
11. Turbogenerator nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennblechpakete (16, 17) im Bereich der Leiter (53) der Statorwicklung (32, 32a) Nuten aufweisen, durch welche die Leiter (53) geführt sind, und daß die Breite der Nuten so gewählt ist, daß zwischen den Leitern (53) und den Trennblechpaketen (16, 17) Schlitze (52) zur Zirkulation des Kühlmediums frei bleiben.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



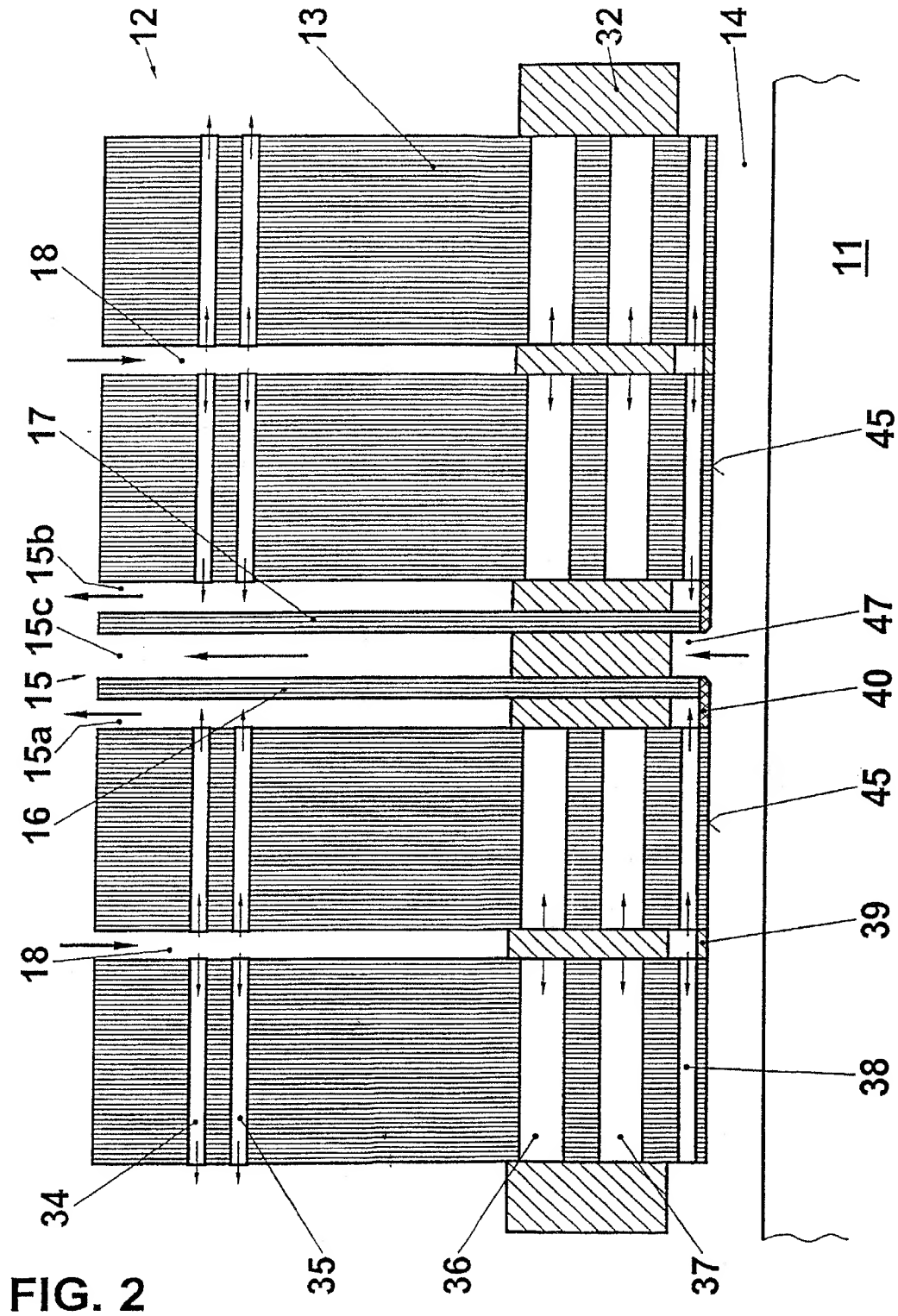
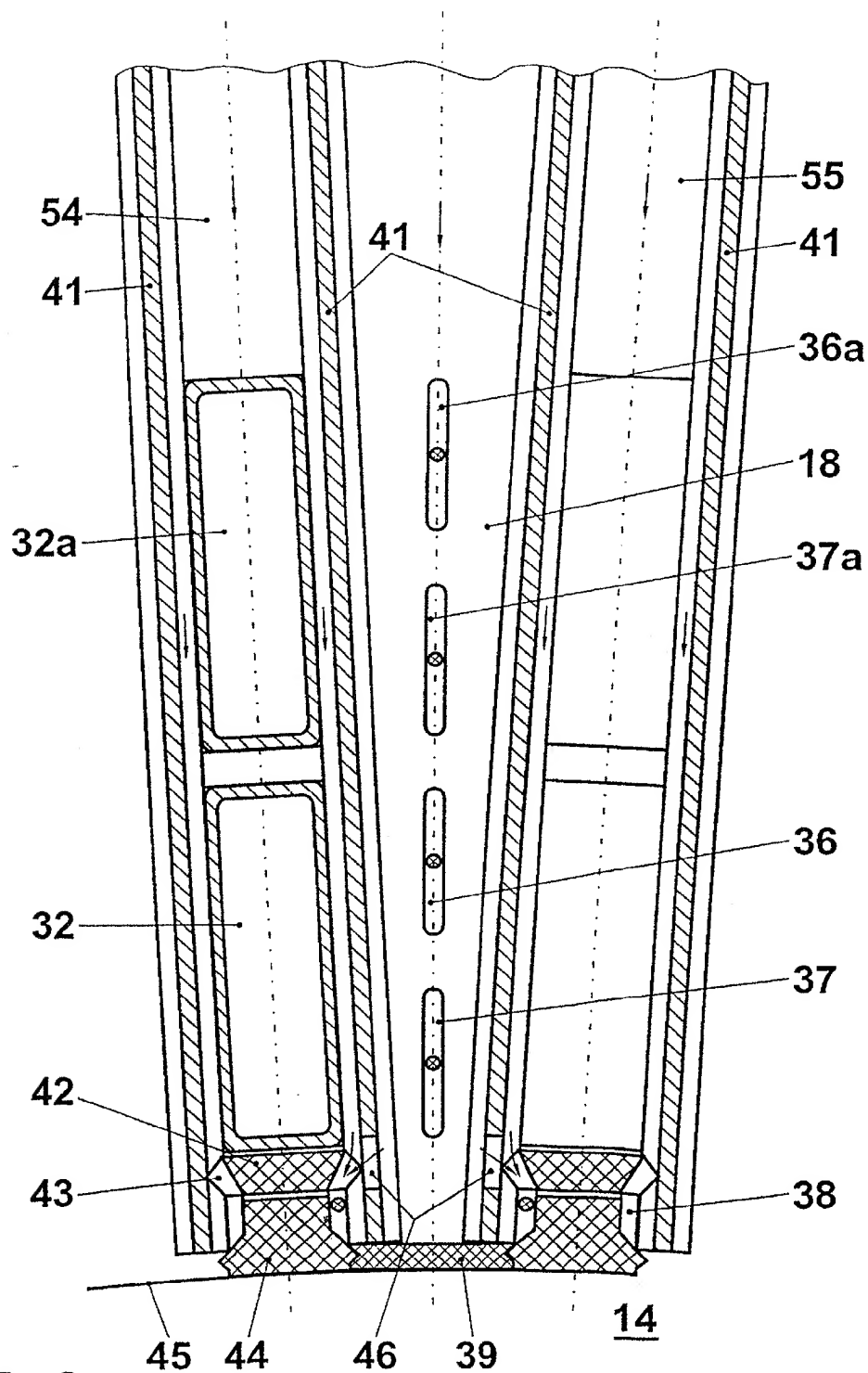
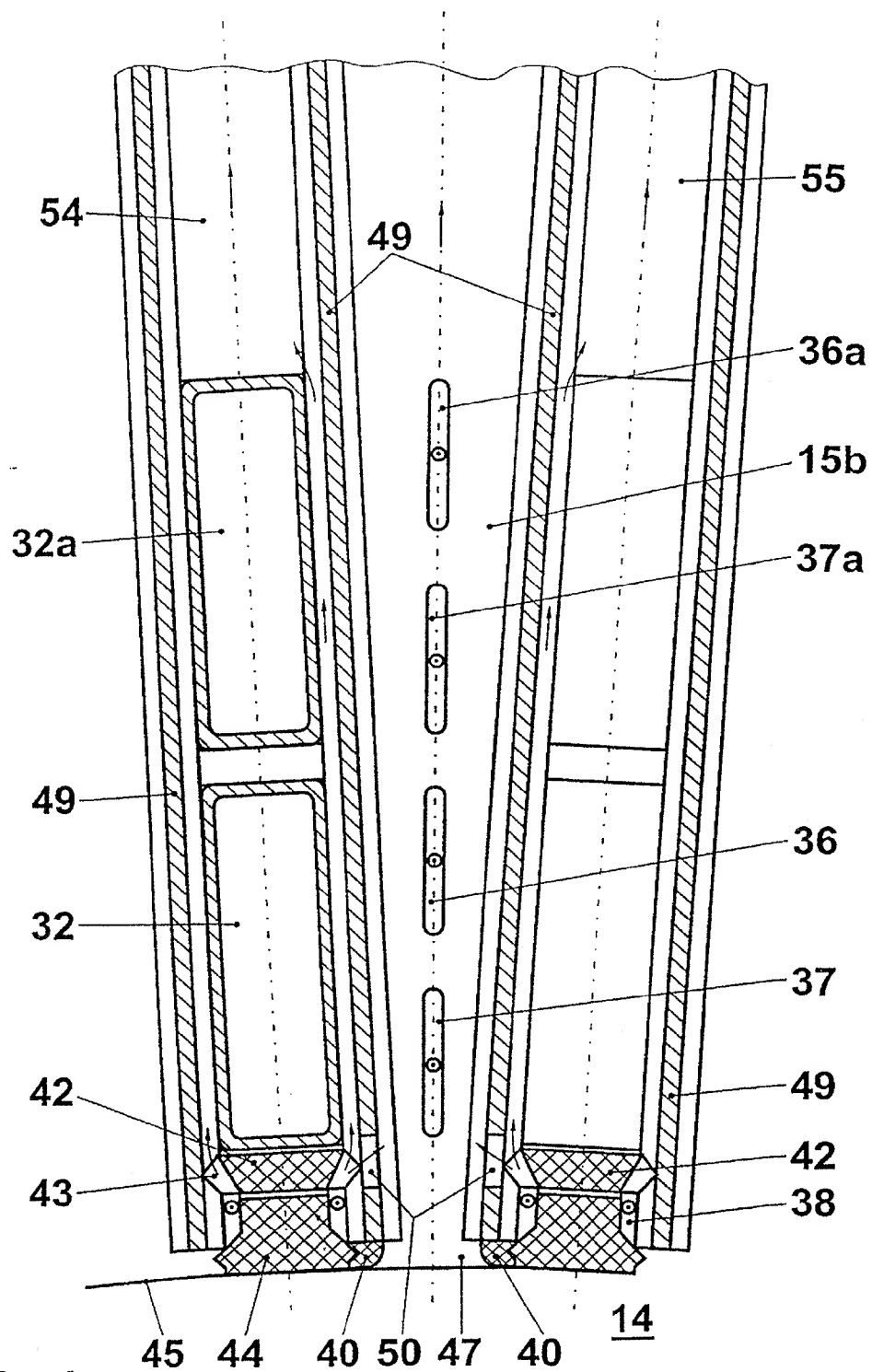


FIG. 2







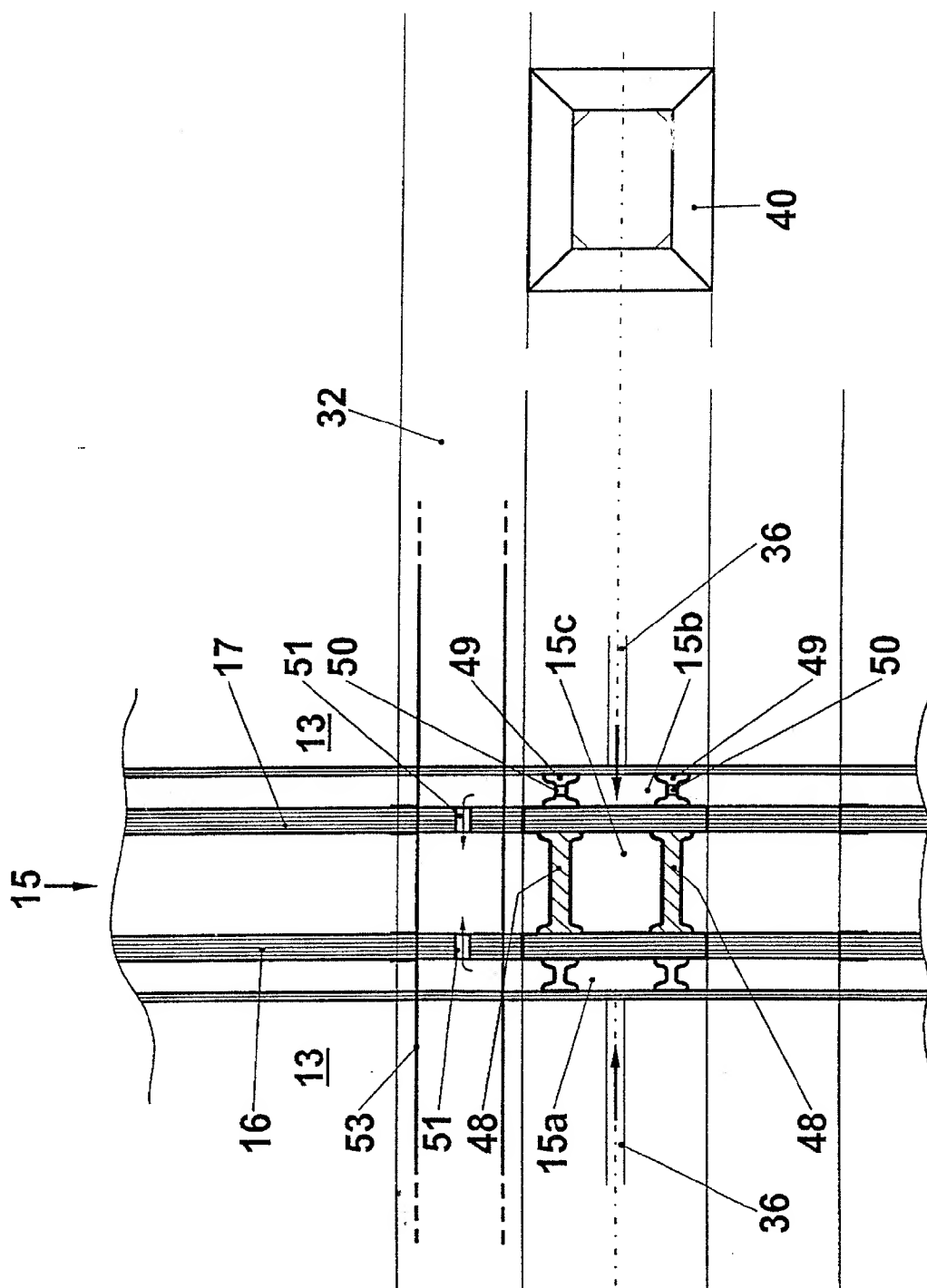


FIG. 5

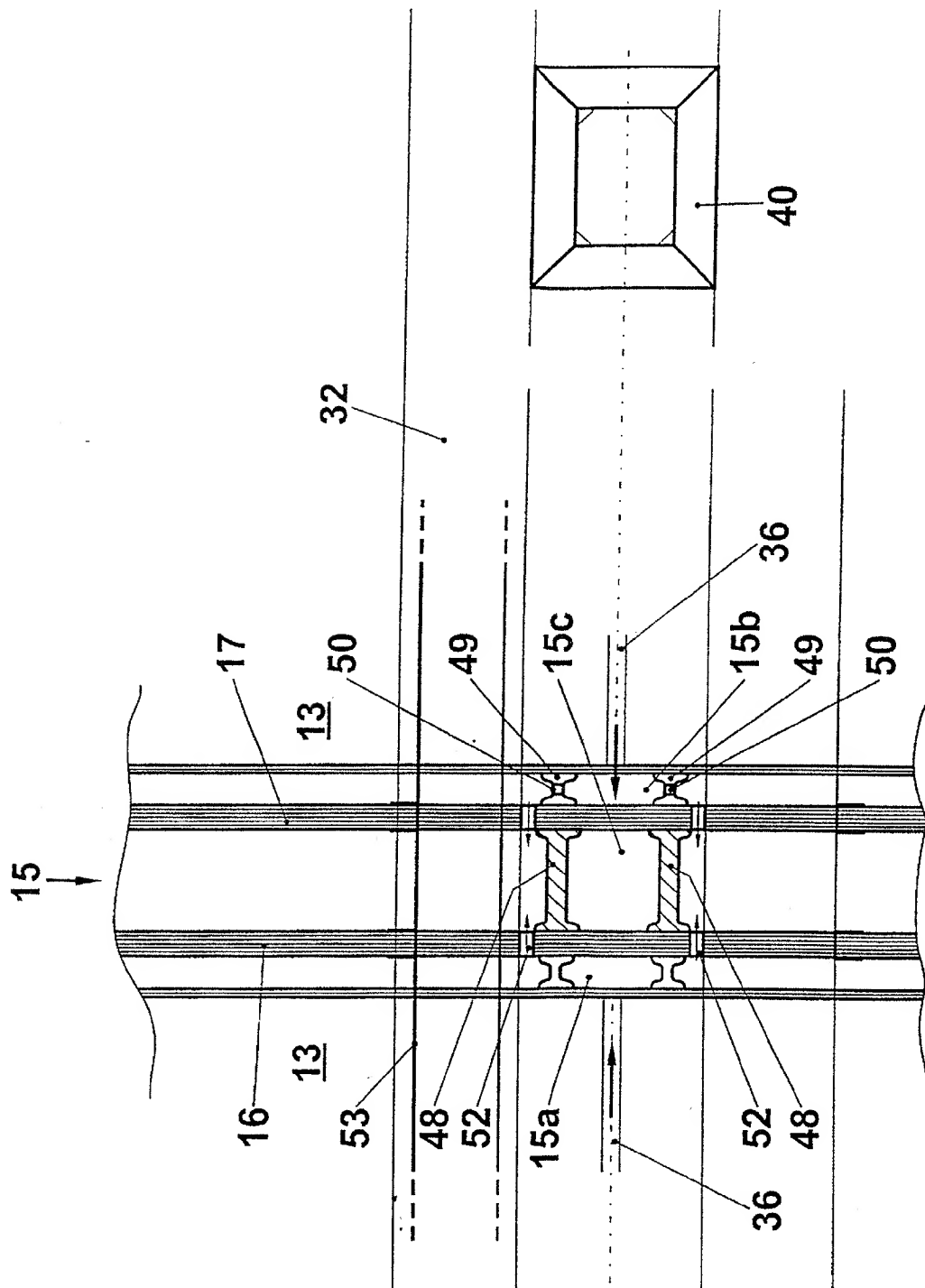


FIG. 6